

Tranvía para mercancías basado en una plataforma convencional de transporte de viajeros

Robert Regué

MSc Transport Policy, Loughborough University, UK

Francesc Astals

Profesor titular, ETSEIAT/UPC, España

RESUMEN

El tranvía, que en España había sufrido un declive muy fuerte y prácticamente había desaparecido de nuestras ciudades, ha vuelto, en los últimos años, a experimentar un renacimiento. Ello se debe a múltiples motivos, entre otros, la mayor capacidad de transporte de los tranvías, el incremento del tráfico urbano y de las consiguientes emisiones de gases de efecto invernadero que aconsejan la sustitución progresiva de vehículos basados en motores de combustión interna por otros menos contaminantes, la regularidad, la seguridad o la fiabilidad.

Sin embargo, presenta un inconveniente: la utilización de la infraestructura – costosa y, a menudo, segregada del resto de las calles que conforman la red viaria de la ciudad– no siempre es óptima. Es más, el factor limitante del uso es la demanda de transporte de viajeros, por lo que las frecuencias de paso de los tranvías en una línea determinada suele ser muy inferior a su capacidad. La posibilidad de utilizar la red de tranvías para el transporte de cargas debiera permitir el intercambio modal de algunos de los flujos de mercancías, de forma que los camiones descargaran en la periferia de las ciudades y el transporte interior fuera en vehículos más respetuosos con el medio ambiente y, al mismo tiempo, contribuyeran a la reducción del tráfico.

En el trabajo se consideran las características básicas que debe reunir un tranvía para transporte de mercancías: compatibilidad total con los convoyes para el transporte de viajeros, capacidad de carga, accesibilidad, etc. a partir de una de las plataformas más extendidas y comercializadas en los últimos años, se señalan las principales transformaciones que debe sufrir y, a partir del cálculo de las solicitudes de los elementos principales, se propone un diseño totalmente nuevo y económicamente sostenible.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población mundial en los últimos 50 años ha sido espectacular. El número de habitantes de la Tierra ha pasado de 2,81 millones en el año 1956 a algo más de 6,78 mil millones en 2009 (US Census Bureau, 2009); es decir un incremento del 141%. Este incremento ha ido acompañado de un proceso de concentración urbana, más acelerado todavía, tal como muestra la Figura 1.

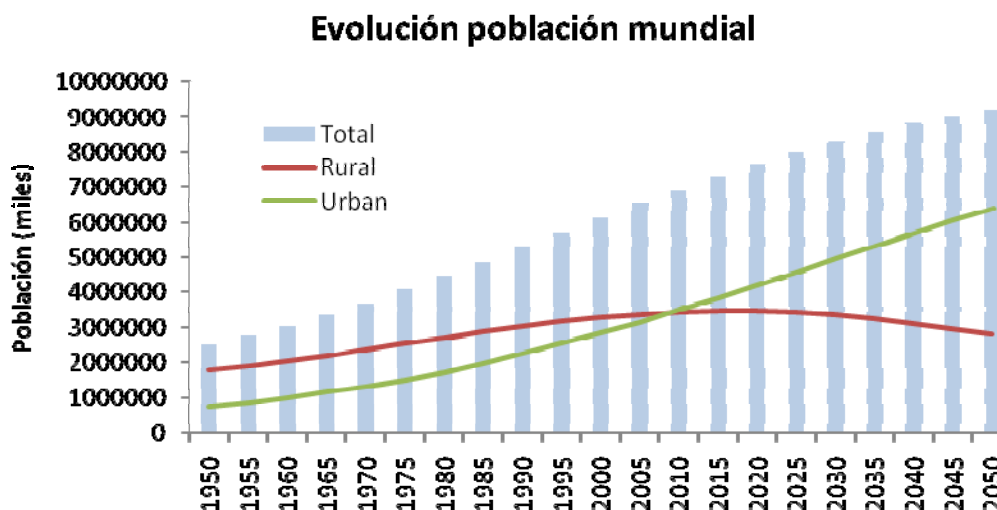


Fig. 1 - Evolución de la población mundial urbana y rural (United Nations, 2007)

El conjunto de la población urbana en Europa representaba, en 2005, el 73 % del total de los 728 millones de habitantes del continente; en España el porcentaje de población urbana alcanza el 77 %, con dos grandes áreas metropolitanas: Madrid, con 5,6 millones de habitantes, y Barcelona, con 4,8 (United Nations, 2007).

Las personas requieren cosas: desde alimentos a ropa pasando por un sin fin de productos, cuyo número y variedad aumenta de forma exponencial a medida que crece el nivel de vida. Estas mercancías deben ser transportadas hasta el domicilio del consumidor último. En los últimos 60 años, este transporte ha sido, casi exclusivamente mediante camiones y furgonetas. Los problemas derivados del transporte urbano de cargas (congestión, ruido, contaminación, etc.) lejos de disminuir, irán creciendo si no se sabe poner remedio. Hay una tozuda realidad: las ciudades, y especialmente sus centros, no están preparadas para recibir el volumen de mercancías que requieren. El conflicto se agudiza en las zonas peatonales o en las áreas con restricciones horarias de tráfico y a menudo surge un conflicto de intereses entre los residentes (y los visitantes, si la ciudad tiene una fuerte componente turística) y las necesidades logísticas de los comercios, de los negocios y de los propios residentes. Además, las políticas de planificación urbanística han favorecido la localización de centros comerciales y supermercados en el centro de las ciudades, con el fin de reducir las distancias viajadas por los consumidores y favorecer el uso del transporte público, pero a su vez, dificultando la distribución urbana de mercancías. Ejemplos de estas políticas se pueden encontrar en las *Planning Policy Guidance* redactadas por el gobierno de Inglaterra.

La distribución urbana de mercancías (DUM) es un problema tanto desde el punto de vista del tráfico urbano como de la calidad medioambiental. Ello ha comportado que diferentes ciudades hayan buscado alternativas tales como restricciones de velocidad, limitaciones de tamaño, restricciones horarias, peajes, accesos limitados a vehículos no contaminantes, etc. (véase Robusté, 2003; Muñuzuri et al., 2005).

En algunas ciudades europeas: Dresde, Zúrich, Viena, Ámsterdam, etc., con fuerte tradición en el uso del tranvía, están apostando por el uso del mismo para el transporte de mercancías en los centros históricos. Las características principales del tranvía que ayudan a entender su auge actual son (International Association of Public Transport, 2001):

- *la elevada capacidad de transporte*, hasta 11.000 pasajeros por hora y sentido,
- *la regularidad*, con índices de puntualidad superiores al autobús,
- *la fiabilidad*, que permite operar con regularidad durante las horas punta adaptando las frecuencias de paso,
- *el confort y la accesibilidad*: los nuevos vehículos, con buenas suspensiones y circulando sobre infraestructuras modernas alcanzan niveles de confort muy elevados y, con el desarrollo de tranvías de plataforma baja, ha mejorado notablemente la accesibilidad,
- *la seguridad*: el transporte con tranvía es más seguro que el transporte por carretera,
- *respetuoso con el medio ambiente*, puesto que la tracción eléctrica permite disminuir los niveles de contaminación del aire y además, los tranvías modernos disponen de sistemas de recuperación de energía en las frenadas,
- *es adaptable*, el tranvía puede operar por las diferentes zonas de las ciudades, ya sea en el centro o a la periferia, elevado o soterrado, entre la gente o en vías segregadas, etc.
- *contribuye a la buena imagen de la ciudad*: los tranvías modernos presentan una estética muy cuidada que se integra con facilidad a la ciudad y según la percepción de la gente, dan aires de modernidad a la ciudad.

Sin embargo el impacto sobre la ciudad es considerable: no es como añadir una nueva línea de autobús, si no que requiere de acuerdos políticos a medio y largo plazo para potenciar su uso, y al mismo tiempo sirve como generador de riqueza, ya que facilita el desarrollo de las zonas donde se implanta.

En Europa existen 327 redes de tranvía con un total de 11616,8 km distribuidas en 284 ciudades. De las redes existentes, 73 se han introducido durante las dos últimas dos décadas (Salmerón, 2009). La estructura de muchas de ellas permitiría el empleo del tranvía para aproximar las mercancías desde la periferia a los centros urbanos y una ulterior distribución final mediante vehículos eléctricos, o incluso mediante transpaletas o carretones manuales.

En el caso de la distribución urbana de mercancías es necesario un flujo continuo de suministro de volúmenes relativamente reducidos de mercancías. Interesa la facilidad de carga y descarga, la simplicidad de los equipos de manutención, la seguridad tanto hacia

los peatones como al resto de vehículos que ocupan el viario urbano, la ausencia de emisiones y ruidos así como el impacto visual.

Otro punto a destacar, es que el transporte de mercancías por ferrocarril, a pesar de la evidente falta de flexibilidad, asegura una mejor gestión de la mercancía y una reducción de costos por parte de los clientes.

1.1 Antecedentes recientes de tranvías de mercancías

La aplicación de los sistemas tranviarios al transporte de mercancías no es nueva. Históricamente se había utilizado la infraestructura del tranvía para el transporte urbano de mercancías desde los albores del tranvía. Sin embargo, el caso más ilustrativo es el del Cargo Tram de Dresde, proyecto nacido con un único objetivo, abastecer el centro de producción que el grupo Volkswagen tiene en el centro de la ciudad de Dresde. Otros casos son el de Cargo Tram de Zúrich, destinado, básicamente, para la recogida de residuos urbanos, el Guterbim de Viena y el interés, más reciente, de la propia SNCF francesa que a través del departamento de investigación y desarrollo ha replanteado el concepto del tranvía de mercancías (Berthier, 2009).

1.2 Ventajas e inconvenientes de un tranvía de mercancías

Las ventajas que proporciona un tranvía de mercancías respecto al transporte convencional por camión son:

- Menor energía específica comparada con el transporte convencional por carretera (del orden del 50% menor)
- Mejores índices de puntualidad que el transporte convencional, por ausencia de problemas de congestión de tráfico.
- Mejor aprovechamiento de las infraestructuras viarias, desaprovechada en horas valle.
- Reducción del tráfico rodado con motores de combustión interna
- Es viable la utilización de la infraestructura en horario nocturno.
- Colabora a la reducción del nivel del tráfico en las ciudades.

Los inconvenientes derivan de la limitada red de tranvías, aún en las ciudades que tienen una red extensa, que ésta ha sido diseñada en función de las necesidades de transporte de pasajeros, la necesidad de instalaciones específicas de carga y descarga, los requerimientos de un intercambio modal adicional y el propio coste del material rodante (que en algunas ciudades se ha minimizado gracias al uso de material recuperado).

1.3 El mercado de tranvías

Los principales fabricantes de tranvías y los modelos más destacados se indican en la Tabla 1 (por orden alfabético):

Fabricante	Modelo
Alstom (Francia)	Citadis, Regio Citadis
Ansaldo Breda (Italia)	Sirio
Bombardier (Canadá)	Flexity
CAF (España)	Urbos
Kinki Sharyo (Japón)	Serie 5100
Siemens (Alemania)	Combino, Avenio, ULF
Skoda (República Checa)	Elektra
Stadler (Suiza)	Variobahn, Tango

Tabla 1 - Principales fabricantes mundiales de tranvías

Entre los fabricantes anteriores se reparten la casi totalidad del mercado de los LRV (*Light Rail Vehicles*), valorado en 1.630 millones de euros anuales y con un potencial de crecimiento del 4,5% anual (UNIFE, 2007). Cabe destacar que casi el 75 % del mercado se reparte entre los tres principales fabricantes: Alstom, Siemens y Bombardier y que la demanda prevista de tranvías para el período 2010-2030 es de 500 tranvías anuales considerando un ratio de recambio de 1,5 (ERRAC, 2004).

1.4 Requisitos que debe cumplir un tranvía para mercancías

Los requisitos básicos que debería cumplir un tranvía para mercancías son:

- Compatibilidad con los tranvías de pasajeros que circulen por la misma infraestructura.
- Cumplir con los requisitos de circulación ferroviaria así como con el código de circulación para tranvías.
- Compatibilidad de gálibos.
- Tener el piso lo más bajo posible con el objeto de facilitar la carga y la descarga o que se disponga de muelles de C/D.
- Requerir un radio de giro pequeño, para poder acceder a los muelles de carga.
- Poder integrarse con facilidad a las frecuencias de paso de los tranvías de pasajeros.
- Ser modular y ampliable en función de la demanda del servicio.
- Disponer de vagones cerrados para proteger la carga de las inclemencias del tiempo y de los hurtos.
- Disponer de un sistema de fijación de la carga a los vagones.

2. EL MODELO BASE

1.1 Condiciones básicas del tranvía de mercancías

La necesidad del diseño de un tranvía para transporte de mercancías radica en el hecho que los sistemas actuales no se ajustan a los parámetros necesarios para la circulación en grandes ciudades. El diseño del tranvía que se presenta parte de la premisa de aprovechar el mismo concepto y las ventajas que ofrece el tranvía en el transporte de pasajeros para el

transporte de mercancías y las mejoras tecnológicas que han experimentado los LRV en los últimos tiempos.

En este contexto se hace necesario el diseño de un nuevo concepto de tranvía, el destinado a mercancías, que es el que se propone en la presente ponencia. El modelo del que se ha partido es el Alstom Citadis, modelo 302, configuración M1-C1-NP-C2-M2 y 2650 mm de ancho total que es el que circula por las líneas de Barcelona.

Las características básicas del diseño son:

- Ancho de vía: 1435 mm
- Nivel de carga: 350 mm
- Bidireccional
- El sistema de cierre ha de permitir el paso de europaletas
- Carga y descarga por ambos laterales del tranvía
- Superficie uniforme en todos los módulos
- Vagones independientes
- Modular
- Grupos motores idénticos a los de los tranvías para pasajeros

Las prestaciones a plena carga, con 2+2 grupos motores de 120 kW se muestran en la Tabla 2.

Pendiente (%)	Velocidad (km/h)	Aceleración (m/s^2)
0	70*	0,82
5	39	0,33
8	25	0,04

Tabla 2 - Velocidades y aceleraciones máximas en función de la pendiente.

* Aunque la velocidad máxima teórica puede ser superior a los 70 km/h, está limitada electrónicamente para permitir la circulación por ciudad.

3. LAS MODIFICACIONES PRINCIPALES

Los principales cambios que deben realizarse en un tranvía de pasajeros para ser empleado en el transporte de mercancías se pueden agrupar en tres grandes apartados (Regué, 2009):

- a) Elementos que deben eliminarse respecto del tranvía para pasajeros
- b) Nuevos elementos necesarios para el transporte de mercancías
- c) Cambios estructurales debido a las modificaciones anteriores

Los elementos que no son necesarios y que conviene eliminar, tanto para la reducción de masas y de costes como para la ganancia de espacio, son todos aquellos destinados a incrementar el confort, proporcionar información al pasajero y a fines estéticos, como: asientos, barras y asideros, recubrimientos interiores, paneles informativos, equipos de climatización, sistemas de control de billeteaje y megafonía, y opcionalmente, los equipos de video vigilancia.

Los elementos que deben modificarse, respecto al tranvía de pasajeros son:

- El interiorismo: recubrimiento de los bastidores y del techo, sistema de iluminación y cristalerías.
- Las puertas deben ser sustituidas por el sistema de carga y descarga. Se eliminan las puertas de pasajeros y se sustituyen por puertas automáticas plegables horizontales en configuración 2+2. Se mantiene la puerta actual en el módulo de cabina para asegurar la evacuación del conductor en caso de accidente.
- Sistema de carga y descarga: con el objetivo de salvar la distancia entre andén y plataforma y poder elevar la carga hasta el nivel deseado se han previsto unas plataformas elevadoras de columnas, con un plato de 1200 mm de profundidad y 1500 kg de capacidad de elevación. Paralelamente se han instalado dos trampillas, en la zona de nivel de carga que, mediante un mecanismo neumático, permiten salvar la separación entre andén y tranvía de forma automática y regulable.
- El suelo está formado por paneles de aluminio tipo “nido de abeja” de 20 mm en las zonas a nivel de carga (módulos suspendidos) y por planchas de aluminio de 4mm de grosor (módulos con bogi) y los necesarios bastidores, lo que permite una carga de 550kg/m².
- Se han redistribuido los montantes de soporte del techo con el objetivo de ampliar las distancias entre ellos y conseguir unos accesos más amplios en los módulos suspendidos.
- Con el propósito de garantizar la seguridad, tanto del conductor como la de la mercancía a transportar y a fin de favorecer la posibilidad de incorporar vagones para mercancías especiales con productos frescos o refrigerados, se han introducido unos elementos divisorios que permiten la separación completa de los vagones entre sí.
- La modificación de la estructura, con eliminación de las ventanas.

Con las modificaciones señaladas el tranvía de carga, representa un ahorro equivalente de hasta 36 furgonetas, tal como se muestra en la Tabla 3 y presenta las siguientes características:

- Tara: 38,6t, (un 5% inferior al tranvía de pasajeros actual)
- Capacidad de carga máxima (limitada por la masa máxima por eje): 36,4t, distribuida en 11,4t + 13,5t + 11,5t
- Volumen máximo de carga: 115,9m³
- Superficie útil de carga: 63,53 m²

	PMA (kg)	CU (kg)	Equivalencia
Tranvía		36.400	
Furgoneta	2.500	1.000	36
Furgón	3.500	1.900	19
Camión ligero	6.000	3.000	12
Camión medio	13.000	8.500	4

Tabla 3 - Equivalencia másica del tranvía de carga respecto de otros vehículos.

4. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones que permite el establecimiento de este tranvía de mercancías a partir de un tranvía convencional de pasajeros son:

- Se mantiene el concepto modular del tranvía, lo que supone no tener que modificar completamente el proceso de producción y poder simultanear la fabricación de tranvías para carga con de la tranvías para pasajeros.
- El concepto modular del tranvía amplía las posibilidades de transporte de diferentes tipos de mercancías en el mismo convoy. Y, eventualmente, posibilitaría asimismo un transporte mixto: mercancías y pasajeros.
- Amplía el catálogo del fabricante, proporcionando una ventaja competitiva respecto a la competencia en el sector de los trenes ligeros (LRV), sector en constante crecimiento y fuerte potencial de expansión.
- Aumenta la utilidad de la infraestructura ferroviaria, actualmente desaprovechada en horas valle y reduce el tráfico de vehículos de mercancías en el interior de las ciudades, con la consiguiente reducción de emisiones de gases contaminantes.
- Es viable la utilización de la infraestructura en horario nocturno.
- El coste del tranvía de mercancías es de un 25 % inferior al del tranvía convencional.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTHIER, P. (2009). Urban Logistics: A Freight Tram that meets city traffic requirements. *SCNF: Ideés & Innovations*.

ERRAC. (2004). *Light Rail and Metro systems in Europe*. Brussels.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF PUBLIC TRANSPORT. (2001). Light Rail for Liveable Cities. *Focus, a UITP Position paper*.

MUÑUZURI, J., LARRAÑETA, J., ONIEVA, L., & CORTÉS, P. (2005). Solutions applicable by local administrations for urban logistics improvement. *Cities*, 22 (1), pp. 15-28.

REGUÉ, R. (2009). Projecte d'un tramvia de mercaderies basat en la plataforma Alstom Citadis. *UPC, ETSEIAT, PFC*.

ROBUSTÉ, F. (2003). Logística de la distribució urbana de mercaderies. *Papers, Regió Metropolitana de Barcelona* (38), pp. 29-47.

SALMERÓN, C. (2009). *Els tramvies d'Europa, crònica d'un retorn anunciat*. Terminus, Barcelona.

UNIFE. (2007). Consultation on the action plans on sustainable consumption and production and on sustainable industrial policy. *UNIFE Position paper*, Brussels.

UNITED NATIONS. (2007). *World Urbanization Prospects: The 2007 Revision Population Database*.

US CENSUS BUREAU. (2009). *U.S. & World Population Clocks*.